پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۱ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم ۱۳۹۹
صفحهٔ ۱۴۹-۱۳۷، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 11, No. 2, 2020, p. 137-149 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v11i2.79226

تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد دانه و راندمان مصرف آب در لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

سید فرهاد صابرعلی[*1]، مرجان یوسفی‌فرد[2] و کمال سادات اسیلان[3]
۱- استادیار گروه باغبانی، مجتمع آموزش‌عالی تربت‌جام، خراسان رضوی، ایران
۲- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، دانشگاه پیام نور کرج، ایران؛ mrjusefifard@gmail.com
۳- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه پیام نور تهران، ایران؛ Kamal.asilan@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۰۴

چکیده

بهبود راندمان مصرف آب از طریق مدیریت‌های زراعی از جمله مهم‌ترین راهکارهای مؤثر و کم‌هزینه در مدیریت آب مزارع کشاورزی است. به منظور بررسی تأثیر کم‌آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و کارآیی مصرف آب در لوبیاقرمز، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با آرایش تیماری کرت‌های خردشده در منطقه ساوه و در سال ۱۳۹۵ اجرا گردید. تیمار کم‌آبیاری به عنوان عامل اصلی شامل آبیاری در سطح ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک (تیمار عدم تنش)، آبیاری در سطح ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک و آبیاری در سطح ۶۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک و عامل فرعی شامل مصرف کود نیتروژن در سطوح صفر (شاهد)، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژنی گیاه بود. نتایج نشان داد که تنش خشکی در شرایط آبیاری بعد از ۶۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک، باعث کاهش شاخص سطح برگ، زیست‌توده گیاهی، تعداد دانه در واحد سطح و نهایتاً عملکرد دانه لوبیاقرمز شد؛ در صورتی که تنش خفیف رطوبتی (۵۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک) کاهش معنی‌داری در تعداد دانه تولیدشده در واحد سطح و عملکرد نسبت به تیمار آبیاری مطلوب، ایجاد نکرد. همچنین راندمان آب مصرفی در هر دو سطح تیمار کم‌آبیاری نسبت به تیمار آبیاری کامل در لوبیاقرمز افزایش یافت. نتایج همچنین نشان داد که مصرف کود نیتروژن نسبت به عدم مصرف آن موجب بهبود صفات رشدی، عملکردی و نهایتاً راندمان مصرف آب در لوبیاقرمز گردید. به‌طور کلی می‌توان بیان نمود که مصرف ۵۰ درصد از کل نیاز نیتروژنی گیاه لوبیاقرمز در همه سطوح رطوبتی، می‌تواند منجر به تولید مطلوب دانه و راندمان مصرف آب درگیاه لوبیاقرمز گردد.

واژه‌های کلیدی: تغذیه، رقم گلی، شاخص سطح برگ، کم‌آبیاری

مقدمه

آب، منبع حیات و مهم‌ترین عوامل مؤثر بر امنیت، رشد و پیشرفت هر کشوری می‌باشد. ایران کشوری با اقلیم گرم و خشک است که بیش از ۸۵ درصد آن جزو مناطق خشک و نیمه خشک تقسیم‌بندی می‌شوند. ایران در طی سالیان دراز از مشکل کم‌آبی رنج برده است، با توجه به اثرات شدید تغییر اقلیم بر منابع آبی و مصرف بی‌رویه این منابع در گذشته، این مشکل امروزه در حال تبدیل به یک بحران ملی می‌باشد (Madani, 2014 Keshavarz *et al.*, 2013;). بخش کشاورزی در ایران بیش از ۹۰درصد آب مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد. با درنظرگرفتن اهمیت آب در موضوع امنیت غذایی و بحران کم‌آبی در ایران، شاید مهم‌ترین رسالت پیش روی محققان بخش کشاورزی معرفی راهکارهای مصرفه بهینه آب در بخش کشاورزی باشد. راهکارهای زراعی مؤثر در افزایش راندمان مصرف آب از جمله راهکارهای مؤثر و کم‌هزینه مدیریت آب در مزارع کشاورزی تحت تنش آبی هستند که از آن جمله می‌توان به روش های کم‌آبیاری، تاریخ کاشت مناسب، تراکم مطلوب، ارقام مقاوم، استفاده ارقام زودرس و مدیریت تغذیه گیاه اشاره نمود.

در بیشتر گستره جغرافیای ایران، تمرکز بیشتر بارش‌ها در فصول سرد سال است و بحث مدیریت آب در محصولات فصول گرم (بهار و تابستانه) از اهمیت دوچندانی برخوردار است. حبوبات از جمله مهم‌ترین محصولات اقتصادی فصل گرم و تأمین‌کننده اصلی پروتین گیاهی موجود در جیره غذایی مردم کشور است. جایگاه سوم سطح زیرکشت کشور در بین حبوبات بعد از نخود و عدس متعلق به لوبیا می‌باشد که گیاهی حساس به تنش کم‌آبی معرفی شده است (Majnoun-Hosseini, 2008; Agricultural Statistics, 2013). تنش کم‌آبی عملکرد دانه، اجزای عملکرد، زیست‌توده اندام هوایی، طول دوره رشد، شاخص برداشت، طول دوره پرشدن دانه، هدایت روزنه‌ای

*نویسنده مسئول: sf.saberali@yahoo.com

و محتوای نسبی آب برگ در گیاه لوبیا را بـه طـور معنـی‌داری کاهش می‌دهد (Ramirez-Vallejo & Kelly, 1998; Maia *et al*., 2003). در گیاه لوبیا تعداد غلاف تشکیل‌شده در بوته و تعداد دانه در واحد سطح حساس‌ترین اجزای عملکرد در پاسخ به تنش رطوبتی معرفی شده‌اند (Santos *et al*., 2006).

وزارت کشاورزی آمریکا حد تخلیـه رطـوبتی مجـاز خـاک برای دستیابی به بیشینه عملکرد در لوبیا را ۴۰ درصد گـزارش کرده است (USDA-NRCS, 1997). با این وجود تأثیر کمـی رطوبت بر رشد و عملکرد دانه لوبیا بسته به طول مـدت، شـدت تنش و نیز نوع ژنوتیپ در معرض تنش می‌تواند متفـاوت باشـد (Maia *et al*., 2003; Frahm *et al*., 2004)؛ به‌طوری که در تنش‌های خفیف رطوبتی بـا اسـتفاده از روش‌هـای کـم‌آبیـاری اگرچه عملکرد دانه اندکی کاهش می‌یابـد ولـی تولیـد دانـه بـه ازای واحد آب مصرفی می‌تواند افزایش یابد. پس استفاده بهینه از آب و بهبود عملکرد گیاه مـی‌توانـد باعـث افـزایش بهـره‌وری آب آبیاری برای تولید محصولات زراعی شود (Jalilian *et al*., 2012; Mansouri-Far *et al*., 2010). نتایج یک پژوهش در مورد لوبیا نشان داد که افت عملکرد ارقام مختلف لوبیاچیتی در پاسخ به تـنش خفیـف رطـوبتی بسـیار کمتـر از تـنش شـدید رطـوبتی اسـت (Bayat *et al*., 2010). میـزان کـافی عناصـر غـذایی نیـز همـراه بـا فـراهم‌بـودن آب از عامـل‌هـای مهـم در دستیابی به عملکرد مناسب به شمار مـی‌رود. همچنـین نتـایج تحقیقات بیانگر این مطلب است که گیاهانی بـا تغذیـه مناسـب در برابر تنش آبی، مقاومت بیشـتری از خـود نشـان مـی‌دهنـد (Davis, 1994; Bayat *et al*., 2010). در بین عناصر غذایی، کمبود نیتـروژن بـه وفـور در گیـاه لوبیـا مشـاهده شـده اسـت که دلیل این امر ناشی از توانایی کم ایـن گیـاه از نظـر تثبیـت بیولـوژیکی نیتـروژن (Bliss, 1993; Graham & Ranalli, 1997) و عدم مصرف کافی نیتروژن در زراعت این گیـاه اسـت (Majnoun-Hosseini, 2008). مصرف کـود نیتـروژن سـبب افزایش سطح برگ و محتوای کلروفیل برگ شده و نهایتاً میزان فتوسنتز و رشد گیاهان را می‌توانـد بهبـود دهـد (Sinclair & Horie, 1989). این افزایش توانایی فتوسنتز گیـاه در صـورت مصرف متعادل کود نیتروژنی می‌تواند موجب تولید ماده خشک بیشتر در شرایط تنش آبی و نهایتاً افزایش راندمان مصـرف آب شود (Santos *et al*., 2006). در تحقیقات متعدد گزارش شده است که تغذیه گیاه با سطح متعادل نیتروژن منجر بـه افـزایش مقاومت گیاه در برابر تنش آبی نیز شده اسـت (Bayat *et al*., 2010; Santos *et al*., 2006).

با توجه به اهمیت تنش آب و کمبود نیتـروژن در زراعـت محصول لوبیاقرمز و برهمکنش شدید این دو عامل برای تعیـین عملکرد لوبیاقرمز، انجام این پژوهش ضروری به‌نظـر مـی‌رسـید. هدف اصلی این پژوهش، بررسی پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد لوبیاقرمز به تنش کم‌آبیاری با هدف افزایش راندمان مصرف آب در کنار حداقل افت عملکرد دانه بـود. بـه‌عـلاوه تعیـین سـطح مطلوب کود نیتروژن مصرفی در هر سطح تـنش آبـی بـا هـدف دستیابی به راندمان آب بالاتر، از دیگر اهداف این تحقیق بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی پاسخ رشـد و عملکـرد رقـم گلی لوبیاقرمز به تنش کم‌آبیاری و سطح مصرف کـود نیتـروژن در منطقه ساوه (با طول جغرافیای ۵۰ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و عـرض جغرافیـایی ۳۵ درجـه و ۱۲ دقیقـه شـمالی و ارتفـاع ۱۰۰۰ متـری از سـطح دریـا) در سـال ۱۳۹۵ اجـرا گردیـد. مشخصات خاک محل انجـام آزمـایش در جـدول ۱ ارائـه شـده است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با آرایـش تیماری کرت‌های خردشده در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهـای آزمایش شامل مـدیریت آبیـاری در سـه سـطح آبیـاری بعـد از تخلیه ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصدی رطوبت قابل دسترس بود. تخلیـه ۴۰ درصد به عنوان حد تخلیه مجاز رطوبتی برای دسـتیابی بـه حـداکثر عملکـرد (USDA-NRCS, 1997) و سـایر سـطوح رطوبتی به عنوان کم‌آبیاری در نظر گرفته شد. به‌طـور متوسـط میزان آب مصـرفی در تیمارهـای ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصـد تخلیـه رطـوبتی خـاک حـدود ۵۷۷۰، ۵۵۰۰ و ۵۳۰۰ مترمکعـب در هکتار بود. لازم به ذکر است که مدیریت آبیاری به عنوان کـرت اصلی در نظر گرفته شد. اعمال تیمارهای آبیاری بعد از استقرار کامل گیاه لوبیاقرمز یعنی دو هفته پس از سبزشـدن آن انجـام گردید. اندازه‌گیری رطوبت خاک برای اعمال تیمارهای آبیـاری با استفاده از دستگاه رطوبت‌سـنج (LUTRON PMS-714) و بعد از کنارزدن خاک خشک سـطحی در لبـه کنـاری پشـته‌هـا انجام گردید. برای تعیین زمان آبیـاری، رطوبـت خـاک توسـط رطوبت‌سنج به‌طور روزانه پایش شـد و از رابطـه۲ بـرای تعیـین زمان رسیدن خاک به سطح تخلیه مورد نظر اسـتفاده گردیـد و بعد از رسیدن رطوبت خاک به سطح تخلیه مـورد نظـر آبیـاری انجام گرفت. برای تعیین حجم آب آبیاری در هر تیمار آبیـاری نیز از رابطه۳ استفاده گردید (USDA-NRCS, 1997). میزان آب مصرفی برای هر کرت اصلی توسط کنتـوری کـه روی لولـه اصلی خروج آب تعبیه شده بـود، انـدازه‌گیـری شـد. عامـل دوم مقادیر مصرف کود نیتـروژن در چهـار سـطح ۰، ۲۵، ۵۰ و۱۰۰ درصد مقدار نیتـروژن مـورد نیـاز گیـاه بـرای حصـول بیشـینه عملکـرد در رقـم گلـی لوبیـاقرمز در شـرایط عـدم تـنش بـود

(Saberali *et al*., 2012). مقادیر مصرف به‌ترتیب شامل ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن (از منبع اوره) در هکتار برای این رقم بود. برای محاسبه مقدار نیتروژن موردنیاز گیاه برای حصول بیشینه عملکرد از پتانسیل تولید دانه این رقم در منطقه، غلظت نیتروژن دانه و شاخص برداشت نیتروژن توسط دانه لوبیا استفاده گردید (Fageria *et al*., 2011). به منظور آماده‌نمودن بستر مناسب در پاییز سال قبل عملیات شخم عمیق بر روی قطعه موردنظر انجام شد و در فروردین‌ماه سال۱۳۹۵ قطعه مذکور مجدداً شخم سطحی زده شد و به منظور خردکردن کلوخه‌ها دو دیسک عمود بر هم در مزرعه اجرا گردید. بذور گیاه در تاریخ ۲۰ خرداد با فاصله ۵سانتی متری از یکدیگر و در عمق ۳سانتی‌متر روی ردیف‌های کاشت، کشت شدند. تراکم مطلوب و توصیه‌شده برای رقم گلی ۴۰ بوته در هر مترمربع در نظر گرفته شد. هر کرت فرعی آزمایشی دارای شش ردیف کاشت با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و طول هفت متر و عرض سه متر بود. در کرت‌های اصلی با یک حاشیه دو متری از کرت مجاور و کرت‌های فرعی با یک حاشیه۵۰ سانتی‌متری از کرت آزمایشی مجاور جدا شدند. در همه تیمارها کود نیتروژن در دو نوبت، نیمی در هنگام کاشت و مابقی با شروع غلافدهی لوبیا مصرف گردید. روش نمونه‌برداری تخریبی در طول فصل رشد و همچنین در هنگام رسیدگی لوبیا برای کمی‌کردن پاسخ رشدی لوبیا به تیمارهای ذکرشده انجام پذیرفت. در هر بار نمونه‌برداری نیز ۶۰ سانتی‌متر طولی ردیف کاشت برداشت شد و پس از انتقال به آزمایشگاه صفات رشدی (ماده خشک و سطح برگ) و عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا در هر کرت آزمایشی به تفکیک اندازه‌گیری شد. سطح برگ سبز (برگ‌هایی که بیش از ۵۰ درصد سطح آن‌ها سبز بود) در اواسط دوره گل‌دهی لوبیاقرمز و بعد از نمونه گیری تخریبی با استفاده از دستگاه سطح‌برگ‌سنج (مدل Delta-T) در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. به‌منظور حذف اثرات حاشیه‌ای، نمونه‌ها از دو خط میانی هر کرت و با رهاکردن فاصله۵۰ سانتی متر ابتدا و انتهای هر ردیف برداشت شد. نمونه‌گیری تخریبی به منظور اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد در انتهای فصل رشد، مصادف با۱۰ مهرماه ۱۳۹۵صورت پذیرفت. به منظور اندازه‌گیری اجزای عملکرد لوبیا تعداد ۱۰بوته از میان بوته‌های برداشت‌شده به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف در آن‌ها اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین عملکرد، خرمنکوبی و سپس دانه و کل ماده خشک به‌دست آمده توزین شدند. کارآیی مصرف آب نیز از طریق رابطه(۱) محاسبه گردید:

رابطه۱:

(میزان آب آبیاری /عملکرد دانه)×۱۰۰ = کارآیی مصرف آب آبیاری

در رابطه فوق مقدار عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار و میزان آب آبیاری اندازه‌گیری‌شده برحسب میلی‌متر بود.

رابطه۲:

درصد تخلیه = (درصد رطوبت ظرفیت مزرعه − درصد رطوبت اندازه گیری شده خاک) / (درصد رطوبت ظرفیت مزرعه − درصد رطوبت نقط پژمردگی)

درصد رطوبت حجمی خاک مزرعه در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم به‌ترتیب ۲۱ و ۹/۵ درصد و عمق مؤثر ریشه ۴۰سانتی‌متر در نظر گرفته شد (USDA-NRCS, 1997).

داده‌های حاصل از این آزمایش به روش آنالیز واریانس و سپس مقایسه میانگین تجزیه و تحلیل شد. تمامی تجزیه‌های آماری صورت‌گرفته در تحقیق حاضر با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (V9.4) انجام پذیرفت. بدین ترتیب که قبل از انجام عمل تجزیه واریانس، از نرمال‌بودن توزیع خطای آزمایشی در هر یک از تیمارها اطمینان حاصل شد که از آزمون نرمالیتی برای اطمینان از نرمال‌بودن توزیع خطا استفاده و در صورت وجود توزیع نرمال، داده‌ها تجزیه شدند. لازم به ذکر است که توزیع خطای تمامی صفات بر اساس هر چهار آزمون نرمالیتی نرم‌افزار، از جمله آزمون Anderson-Darling نرمال بود. مقایسه میانگین‌ها نیز به روش آزمونLSD در سطح معنی داری پنج درصد انجام شد. لازم به ذکر است که برای مقایسه میانگین اثرات ساده از دستور means و برای اثرات متقابل از دستور lsmeans استفاده شد (Soltani, 2015). به‌علاوه برای تجزیه رگرسیون نیز از PROC REG استفاده گردید. شکل‌ها و نمودارها نیز توسط نرم‌افزار SigmaPlot ترسیم شدند.

رابطه۳:

حجم آب آبیاری (متر مکعب) = [مساحت کرت × عمق موثر ریشه × (درصد رطوبت ظرفیت مزرعه − درصد رطوبت نقطه پژمردگی) × درصد تخلیه مجاز رطوبتی] / 100

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

Table 1. Physicochemical characteristics of the soils in the experimental site at depth of 0-30 cm

بافت خاک Soil Texture	هدایت الکتریکی EC (dS m⁻¹)	اسیدیته pH (H_2O)	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن N (mg/kg)	فسفر P (mg/kg)	پتاسیم K (mg/kg)
Sandy loam	1.2	7.7	1.09	19	129	491

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تیمار آبیاری و کود نیتروژن و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان شاخص سطح برگ در مرحله انتهای گل‌دهی (حداکثر سطح برگ) معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که میزان سطح برگ در شرایط تنش آبی در سطح تخلیه ۵۰ و ۶۰ درصد رطوبتی خاک نسبت به تیمار عدم تنش (۴۰ درصد تخلیه رطوبتی) به ترتیب ۴ و ۱۵ درصد کاهش داشت (جدول ۳). کاهش محتوای آب برگ و کاهش تورژسانس و فراهمی کمتر مواد فتوسنتزی از جمله مهم‌ترین دلایل کاهش سطح برگ در شرایط تنش رطوبتی عنوان شده است (Rosales-Serna *et al.*, 2004; Emam *et al.*, 2010). نتایج اثر متقابل آبیاری و میزان کود نیتروژن مصرفی نیز نشان داد که در همه سطوح رطوبتی حداقل شاخص سطح برگ از تیمار عدم کوددهی به‌دست آمد. در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصدی رطوبت خاک، حداکثر شاخص سطح برگ در سطح کودی ۱۰۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (جدول ۳). در شرایط تنش رطوبتی (تخلیه ۵۰ و ۶۰ درصد رطوبتی خاک) نیز اختلاف معنی‌داری بین شاخص سطح برگ در سطوح کودی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده نشد (جدول ۳). نتایج تجزیه رگرسیون نشان داد که پاسخ سطح برگ به میزان مصرف کود نیتروژن در همه سطوح آبیاری از یک روند درجه دوم پیروی کرده است و این پاسخ درجه دوم ۹۶ تا ۹۸ درصد تغییرات سطح برگ را توجیه می کند (شکل۱،الف). این نتایج نشان می‌دهد که با توجه به قابلیت تثبیت بیولوژیک نیتروژن در لوبیاقرمز، مصرف نیمی از حداکثر نیاز کودی این گیاه برای تولید شاخص سطح برگ حداکثر در شریط عدم تنش و تنش رطوبتی خفیف کافی می‌باشد. گزارش شده است که بیش از ۵۰ درصد از نیتروژن جذب‌شده در گیاه در برگ و ساختار سیستم فتوسنتزی و یا آنزیم‌های دخیل در آن استفاده می‌شود (Makino *et al.*, 1997). محققان در آزمایشات گوناگون نشان دادند که استقرار سطح برگ بیشتر با مصرف مطلوب کود نیتروژنی می‌تواند منجر به جذب بیشتر نور خورشید و افزایش میزان فتوسنتز در گیاه لوبیا و در نهایت تولید ماده خشک بیشتر شود (Lynch & White, 1992; Bayat *et al.*, 2010). از طرفی دلیل کاهش سطح برگ لوبیاقرمز در سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم در شرایط عدم تنش را نیز می‌توان به آبشویی احتمالی نیتروژن و سطح پایین‌تر تثبیت نیتروژن به‌دلیل مصرف حداکثر کود نیتروژن عنوان کرد. کاهش کارآیی کود نیتروژن، به دلیل رطوبت زیاد خاک و آبشویی نیترات از منطقه ریشه نیز گزارش شده است (Singh *et al.*, 2010). همچنین گزارش شده است که کاربرد زیاد نیتروژن در ابتدای فصل کاشت می‌تواند منجر به کاهش سطح تثبیت نیتروژن در حبوبات گردد (Westermann *et al.*, 2011).

ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر سطوح آبیاری و کود نیتروژن و اثرات متقابل آن‌ها بر ماده خشک تولیدی در لوبیاقرمز معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد مقدار زیست‌توده کل در سطح تخلیه ۵۰ و ۶۰ درصد رطوبتی نسبت به تیمار عدم تنش به ترتیب ۲ و ۸ درصد کاهش داشت (جدول۳). نتایج یک تحقیق در کرج نشان داد که آبیاری دو رقم لوبیاقرمز پس از ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر نسبت به تیمار شاهد (آبیاری پس ۶۰ از میلی‌متر تبخیر)، به ترتیب کاهش حدود ۲۵ و ۵۷ درصدی ماده خشک تولیدی را باعث شد (Bayati *et al.*, 2017). کاهش سطح برگ (جدول ۳) و کاهش کارآیی سیستم فتوسنتزی در شرایط تنش رطوبتی (Hu *et al.*, 2013) می‌تواند منجر به کاهش تولید ماده خشک در شرایط کم‌آبی شده باشد. نتایج اثر متقابل آبیاری و میزان کود نیتروژن مصرفی نیز نشان داد که در تمامی سطوح آبیاری با مصرف کود نیتروژن مقدار زیست‌توده کل افزایش یافت، با وجود این، میزان پاسخ ماده خشک تولیدی به میزان کود مصرفی به سطح آبیاری وابسته بود، به‌طوری‌که میزان ماده خشک تولیدی در سطح ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی در شرایط مصرف ۵۰، ۱۰۰ و۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار نسبت به تیمار عدم کوددهی به ترتیب ۱۷،۲۵ و ۲۱ درصد افزایش داشت. با این حال، ماده خشک تولیدی در سطح ۶۰ درصد تخلیه رطوبتی در

شرایط مصرف ۵۰، ۱۰۰ و۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن درهکتار نسبت به تیمار عدم کوددهی به ترتیب ۱۳،۱۶ و ۱۳ درصد افزایش داشت. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین ماده خشک تولیدی در شرایط تخلیه رطوبتی ۴۰ و ۶۰ درصدی خاک، از تیمار کودهی ۱۰۰ کیلوگرم مصرف نیتروژن در هکتار به‌دست آمد و مقدار کود مصرفی کمتر و بیشتر از آن مقدار موجب کاهش ماده خشک تولیدی گردید (شکل ۳). نتایج تجزیه رگرسیون نیز نشان داد که پاسخ سطح برگ به میزان مصرف کود نیتروژن در همه سطوح آبیاری از یک روند درجه دوم پیروی می‌کرد و این پاسخ درجه دوم، ۹۸ تا ۹۹ درصد تغییرات تولید ماده خشک در لوبیاقرمز را توجیه می‌کند (شکل۱، ب). سطح برگ بیشتر در پاسخ به مصرف کود نیتروژن (جدول ۳) می‌تواند عامل جذب نور بیشتر و نهایتاً تولید ماده خشک بیشتر در شرایط مصرف کود نیتروژن گردد. گزارش شده است که نیتروژن با تأثیر بر واکنش‌های بیوشیمیایی، سرعت فتوسنتز، استقرار سطح برگ بیشتر و افزایش طول دوره رویش، می‌تواند تولید ماده خشک بیشتر در گیاهان را باعث شود (Sinclair, 2004; Sinclair & Horie, 1989).

تعداد غلاف در بوته

تأثیر تیمار آبیاری و مقدار مصرف کود نیتروژن و همچنین اثرات متقابل آن‌ها بر میزان غلاف تولیدی در بوته لوبیاقرمز معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که میزان کاهش تعداد غلاف در بوته در سطح تخلیه ۵۰ و۶۰ درصد رطوبت نسبت به تیمار۴۰ درصد تخلیه رطوبتی به‌ترتیب حدود ۱ و ۵ درصد بود که مقدار کاهش تنها در سطح ۶۰ درصد تخلیه رطوبتی معنی‌دار بود (جدول ۳). کاهش سطح دریافت نور و کاهش کارآیی دستگاه فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی می‌تواند باعث کاهش نور دریافتی و نهایتاً کاهش فتوسنتز و تشکیل غلاف در بوته شود (Emam *et al*., 2010; Hopkins & Huner, 2004). همچنین مشاهده شد که در تمامی سطوح آبیاری با مصرف کود نیتروژن تا مقدار ۱۰۰کیلوگرم در هکتار تعداد غلاف در بوته معمولاً از یک روند افزایشی برخوردار بود. نتایج تجزیه رگرسیون نیز نشان داد که تعداد غلاف در بوته به میزان مصرف کود نیتروژن در همه سطوح آبیاری از یک روند درجه دوم پیروی می‌کرد و این پاسخ درجه دوم، ۹۵ تا ۹۶ درصد تغییرات تعداد غلاف در بوته لوبیاقرمز را توجیه می‌کند (شکل۱، پ). نتایج همچنین نشان داد که پاسخ تعداد غلاف تشکیل‌شده در بوته به کود نیتروژنه به میزان آب مصرفی وابسته بود (جدول ۳)، به‌طوری که در سطح تخلیه رطوبتی۴۰ درصد تعداد غلاف تشکیل‌شده در بوته با مصرف ۵۰،۱۰۰،۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن نسبت به تیمار عدم کوددهی به ترتیب ۷ /۲۰، ۲۳/۶ و ۲۰/۳ درصد افزایش داشت. این در حالی بود که در سطح تخلیه رطوبتی۶۰ درصد، تعداد غلاف در بوته با مصرف ۵۰،۱۰۰،۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن نسبت به تیمار عدم کوددهی به ترتیب ۱/ ۱۷، ۲۰/۲ و۰/ ۱۶ درصد افزایش داشت (جدول ۳). تحقیقات نشان داده است که اجزای عملکرد مانند تعداد و وزن غلاف در گیاه کلزا به طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد نیتروژن قرار گرفته است (Bilsborrow *et al*. 1993). همچنین گزارش شده است که مصرف مقدار کافی نیتروژن بر همه اجزای عملکرد دانه ازجمله تعداد غلاف در بوته مؤثر است و کمبود نیتروژن در گیاه موجب کاهش تعداد غلاف تشکیل‌شده در بوته لوبیا می‌شود (Bayati *et al*., 2017).

تعداد دانه در واحد سطح

تأثیر تیمار آبیاری و مقدار مصرف کود نیتروژن و همچنین اثرات متقابل آن‌ها بر تعداد دانه در واحد سطح لوبیاقرمز معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که میزان کاهش تعداد دانه در سطح تخلیه ۵۰ و ۶۰ درصدی رطوبت خاک نسبت به تیمار ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی، به ترتیب ۱ و ۵ درصد بود (جدول۳). کاهش تعداد غلاف تشکیل‌شده در بوته و تعداد دانه تشکیل‌شده در هر غلاف در لوبیاقرمز در پاسخ به تنش رطوبتی پیش‌تر نیز گزارش شده است (Bayati *et al*., 2017). کاهش شمار دانه تشکیل‌شده در واحد سطح در شرایط تنش خشکی، ناشی از عدم تأمین ماده خشک موردنیاز برای تشکیل و توسعه اندام‌های زایشی و نهایتاً ریزش این اندمها مانند گل‌ها و نیام‌ها است (Bayati *et al*., 2017).

در همه سطوح آبیاری، مصرف کود نیتروژن نسبت به عدم مصرف آن باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه تشکیل‌شده در واحد سطح گردید و میزان پاسخ تعداد دانه تشکیل‌شده به کود نیتروژن نیز به میزان آب مصرفی وابسته بود (جدول ۳)، به‌طوری که در سطح تخلیه رطوبتی ۴۰ درصد خاک، تعداد دانه تشکیل‌شده در مترمربع با مصرف ۵۰،۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن نسبت به تیمار عدم کود دهی به ترتیب ۱۰، ۱۶ و ۱۳ درصد افزایش داشت. در این حال، در سطح تنش شدید (تخلیه رطوبتی ۶۰ درصدی خاک) تعداد دانه تشکیل‌شده در مترمربع با مصرف ۵۰، ۱۰۰ و۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن نسبت به تیمار عدم کوددهی به‌ترتیب ۸، ۱۴ و ۹ درصد افزایش داشت.

جدول ۲- میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری‌شده لوبیاقرمز در پاسخ به سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن

Table 2. Mean square of measured traits in Kidney bean in response to water deficit and nitrogen

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	شاخص سطح برگ Leaf area index	ماده خشک کل Total dry matter	تعداد دانه Grain number	تعداد غلاف Pod number	عملکرد دانه Grain yield	راندمان مصرف آب Water use efficiency
تکرار Replication	2	0.086*	138641.6**	17000.7**	0.5447*	137816.7**	0.1715**
آبیاری Irrigatio	2	1.85**	1455837.0**	17299.1**	2.0795***	120941.4**	0.3116**
خطای کرت اصلی Error A	4	0.0141	4212.4	132.267	0.0033	1259.2	1.57
نیتروژن Nitrogen	3	4.96**	4489720.0 ***	70029.2***	7.70613***	405713.9***	1.323**
آبیاری ×نیتروژن Irrigation*Nitrogen	6	0.12**	80665.8 ***	984.0**	0.07525**	15251.4**	0.0463**
خطای کرت فرعی Error B	18	0.0026	2643.77	57.18	0.01207	772.467	0.0024
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation (%)	-	8.3	16.3	19.2	9.9	22.1	16.7

***، ** و *: معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۰۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۵

***, **, *: Significance at P levels of 0.001, 0.01 and 0.05, respectively

نتایج تجزیه رگرسیون نیز نشان داد که پاسخ تعداد دانه تشکیل‌شده در واحد سطح به میزان مصرف کود نیتروژن در همه سطوح آبیاری از یک پاسخ درجه دوم که در برگیرنده ۹۹درصد تغییرات آن بود، پیروی می‌کرد (شکل ۱، ت). همان طور که مشاهده می‌شود، در شرایط کم‌آبی میزان پاسخ به میزان مصرف کود نیتروژنی نسبت به شرایط مطلوب آبی کاهش یافته است. تأثیر کمبود رطوبت بر روی کاهش میزان سطح برگ، جذب نور و کارآیی سیستم فتوسنتزی گیاه و کاهش تولید ماده پرورده تولیدی از دلایل عدم تأمین ماده خشک برای تشکیل دانه گزارش شده است (Hopkins & Huner, 2004). با توجه به وجود ارتباط بین سرعت رشد محصول و فراهمی مواد پرورده با سطح برگ گیاه در هنگام گلدهی و تأثیر مثبت کاربرد نیتروژن بر فرایندهای فتوسنتزی، افزایش تعداد دانه در اندام زایشی با افزایش مصرف نیتروژن قابل انتظار بود (Hopkins & Huner,2004; Saberali *et al*., 2012). پیش‌تر نیز تأثیر مثبت مصرف کود نیتروژن بر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در گیاه لوبیا ثابت شده بود (Bayati *et al*., 2017; Westermann *et al*., 2011). نتایج نشان داد که در سطح تخلیه رطوبتی ۴۰ و ۵۰ درصدی خاک، مصرف کود نیتروژن بیشتر از ۱۰۰کیلوگرم در هکتار تأثیر معنی‌داری بر تولید دانه تولیدی در واحد سطح نداشت. از طرفی در سطح تخلیه رطوبتی۶۰ درصدی خاک، مصرف حداکثری کود نیتروژن ۲۰۰ کیلوگرم) کاهش تعداد دانه تولیدی در واحد سطح را نیز نسبت به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم مصرف نیتروژن در پی داشت (جدول ۳). کاهش جذب و تثبیت نیتروژن در سطح رطوبتی بالاتر و پایین‌تر از حد مطلوب رطوبتی می‌تواند دلیل چنین پاسخی باشد. آبشویی بیشتر نیتروژن و کاهش سطح تنفس و رشد ریشه در سطوح بالای رطوبتی خاک و از طرفی کاهش رشد، توسعه و کارکرد ریشه در شرایط کمبود رطوبت از جمله عوامل مؤثر برکاهش میزان جذب و تثبیت بیولوژیک نیتروژن در شرایط مختلف رطوبتی خاک هستند (Schubert, 1995; Hopkins & Huner,2004; Finke *et al*., 1982).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تیمار آبیاری و مقدار مصرف کود نیتروژن و همچنین اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه لوبیاقرمز معنی‌دار بود (جدول ۲). تأثیر معنی‌دار تیمار کودی و آبیاری و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه لوبیاقرمز پیش‌تر نیز گزارش شده بود (Bayati *et al*., 2017). نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که عملکرد دانه لوبیاقرمز در تیمار ۵۰ و ۶۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک، به ترتیب ۱ و ۵ درصد نسبت به تیمار عدم تنش رطوبتی کاهش یافت (جدول ۳). کمبود آب موجب کاهش سطح برگ، جذب نور و بسته‌شدن زودتر روزنه‌ها و کاهش توانایی برای جذب و تثبیت کربن در گیاهان می‌شود (Hopkins & Huner,2004) که این امر موجب کاهش تعداد دانه و غلاف تشکیل‌شده در گیاه و نهایتاً افت عملکرد دانه در لوبیاقرمز شده است.

جدول۳- میانگین شاخص سطح برگ، ماده خشک تولیدی، تعداد دانه، تعداد غلاف، عملکرد دانه و راندمان مصرف آب لوبیاقرمز به برهمکنش سطح آبیاری و کود نیتروژن مصرفی

Table 3. Means of leaf area index, total dry matter, seed number, seed yield and water use efficiency of Kidney bean to interaction of irrigation and nitrogen fertilizer levels

سطح آبیاری Irrigation level	مقدار نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار) N application rate (kg ha^{-1})	شاخص سطح برگ LAI	ماده خشک کل (کیلوگرم در هکتار) Total dry matter (kg ha^{-1})	غلاف (تعداد در بوته) Pod (number $plant^{-1}$)	دانه (تعداد در متر مربع) Seed (number m^{-2})	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg ha^{-1})	راندمان مصرف آب (کیلوگرم بر میلی‌متر) Water use efficiency (kg mm^{-1})
I_{40}	0	3.83d	7592.3d	9.67c	1289c	3288d	5.73c
	50	5.36c	8914.2c	11.67b	1420b	3637c	6.27b
	100	5.80a	9458.6a	11.94	1493a	3819a	6.58a
	200	5.59b	9223.9b	11.63	1453ab	3725b	6.48ab
	Mean (N)	**5.15a**	**8797.3a**	**11.23a**	**1414a**	**3617a**	**6.22b**
I_{50}	0	3.75c	7487.7c	9.57c	1266c	3241c	5.98c
	50	5.08b	8703.6b	11.47b	1414b	3583b	6.48b
	100	5.45a	9046.91a	11.79a	1474a	3750a	6.77a
	200	5.49a	9115.2a	11.73ab	1461a	3792a	6.88a
	Mean (N)	**4.94b**	**8588.3b**	**11.14a**	**1404a**	**3592a**	**6.52a**
I_{60}	0	3.61c	7344.6c	9.41c	1245 c	3170c	6.08b
	50	4.54b	8310.5b	11.03b	1360 b	3461b	6.47a
	100	4.72a	8552.6a	11.32a	1415 a	3613a	6.76a
	200	4.68a	8299.4b	10.92b	1351 b	3501b	6.64a
	Mean (N)	**4.39c**	**8126.8c**	**10.67b**	**1343b**	**3436b**	**6.48a**

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با هم ندارند.

I_{40}،I_{50} و I_{60}: به‌ترتیب سطوح آبیاری در سطح تخلیه ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصدی رطوبت خاک

I_{40}, I_{50} and I_{60}: Irrigation levels at 40, 50 and 60% of soil moisture depletion, respectively

In each column means with at least one similar letter, had no significant differences at the 5% level of probability.

نتایج همچنین نشان داد که در تمامی سطوح آبیاری مصرف کود نیتروژن نسبت به عدم مصرف آن موجب افزایش عملکرد دانه لوبیاقرمز شد (جدول ۳). به‌علاوه، افزایش مقدار کود نیتروژن مصرفی تا مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه لوبیاقرمز در همه سطوح رطوبتی شد. از طرفی مصرف کمتر و بیشتر از این مقدار کود نیتروژنی، کاهش عملکرد دانه لوبیاقرمز در سطح تخلیه رطوبتی ۴۰ و ۶۰ درصد خاک را به همراه داشت. نتایج همچنین نشان داد که پاسخ عملکرد دانه به کود نیتروژنی وابسته به میزان آب مصرفی بود (جدول ۳)، به‌طوری که در سطح تخلیه رطوبتی۴۰درصدی خاک، عملکرد دانه لوبیاقرمز با مصرف ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن نسبت به تیمار عدم کوددهی به ترتیب ۱۱، ۱۶ و ۱۳ درصد افزایش داشت. در حالی که میزان افزایش عملکرد دانه با مصرف ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن نسبت به تیمار عدم کوددهی به ترتیب ۱۰، ۱۶ و ۱۷ درصد در تیمار تخلیه رطوبتی ۵۰ درصد و حدود ۹، ۱۴ و ۱۰ درصد در تیمار تخلیه رطوبتی ۶۰ درصد بود. نتایج تجزیه رگرسیون نیز نشان داد که پاسخ دانه تولیدی لوبیاقرمز به میزان مصرف کود نیتروژن در همه سطوح آبیاری از یک پاسخ درجه دوم که در برگیرنده ۹۹ درصد تغییرات آن بود، پیروی می‌کرد (شکل۱، ث).

(Bayati *et al*., 2017) نیز گزارش کردند که مصرف کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد رقم اختر لوبیاقرمز شد، با این وجود تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم مصرف کود نیتروژن در هکتار گزارش نکردند. بررسی تأثیر کمبود نیتروژن بر گیاهان نشان داد که کمبود نیتروژن از طریق کاهش میزان نیتروژن و کلروفیل برگ، باعث تسریع پیری برگ و کارآیی فتوسنتزی گیاه می‌شود (Sinclair & Horie, 1989). هچنین کاهش دسترسی به نیتروژن عملکرد کوانتومی انتقال الکترون در فتوسیستم‌ها و کارآیی واکنش‌های تاریکی را کاهش می‌دهد (Hopkins & Huner, 2004; Sinclair & Horie, 1989). پس تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان بر واکنش‌های بیوشیمیایی، سرعت فتوسنتز، افزایش دوره رویش آن‌ها مؤثر بوده و از این طریق می‌تواند تجمع ماده خشک و در نتیجه عملکرد در گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد. دلیل کاهش عملکرد در سطح مصرف۲۰۰ کیلوگرم کود

نیتروژن مصرفی نسبت به مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در شرایط ۴۰ درصد و ۶۰ درصد تخلیه رطوبتی را نیز می‌توان به کاهش جذب و تثبیت نیتروژن نسبت داد. پیش‌تر نیز کاهش میزان دسترسی گیاهان به نیتروژن، به‌خاطر کارآیی کمتر فرایندهای جذب و تثبیت نیتروژن در سطوح بالاتر و پایین‌تر از حد مطلوب رطوبتی گزارش شده بود (Schubert, 1995; Hopkins & Huner, 2004; Finke *et al*., 1982; Antolin *et al*., 1995).

راندمان مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تیمار آبیاری و مقدار مصرف کود نیتروژن و همچنین اثرات متقابل آن‌ها بر میزان راندمان مصرف آب در لوبیاقرمز معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که سطح آبیاری کمتر باعث افزایش کارآیی مصرف آب در لوبیاقرمز شد (جدول ۳)، به‌طوری‌که راندمان مصرف آب در سطح آبیاری با تخلیه رطوبتی ۶۰ و ۵۰ درصد نسبت به سطح تخلیه رطوبتی ۴۰درصد به ترتیب ۳ و ۴ درصد افزایش یافت (جدول ۴). افزیش راندمان مصرف آب در شرایط کم‌آبیاری در مطالعات متعدد گزارش شده بود (Jalilian *et al*., 2012; Mansouri-Far *et al*., 2010). مطالعه‌ای در کشور کاستاریکا نشان داد که کاهش رطوبت قابل درسترس به میزان ۳۰ درصد باعث افزایش ۶ تا ۲۵ درصدی راندمان مصرف آب در ارقام مختلف لوبیا شد (De Costa & Ariyawansha, 1996). در مطالعه دیگری در کشور ازبکستان وقتی سطح تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک از ۴۵ درصد به ۶۰ درصد افزایش یافت، راندمان مصرف آب در لوبیا ۴ درصد افزایش نشان داد (Webber *et al*., 2006).

نتایج همچنین نشان داد که راندمان مصرف آب با مصرف کود نیتروژن نسبت به عدم مصرف آن افزایش یافت (جدول ۳). بالاترین مقدار کارآیی مصرف آب در همه سطوح آبیاری از سطح مصرف ۱۰۰ یا ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هر هکتار به‌دست آمد و اختلاف معنی‌داری نیز بین این دو مقدار مصرف کودی مشاهده نگردید (جدول ۳). در صورتی که نسبت تغییرات عملکرد و مصرف آب در پاسخ به مصرف کود نیتروژنی ثابت یاشد، باعث عدم پاسخ راندمان مصرف آب به مصرف کود نیتروژن خواهد شد. نتایج نشان داد که با افزایش سطح مصرف کود نیتروژنی از ۱۰۰ کیلوگرم به ۲۰۰ کیلوگرم، متوسط تغییر سطح برگ که سطح تعرق گیاه را تعیین می‌کند ۱/۳ درصد و متوسط تغییر عملکرد ۱/۴ درصد بود، در نتیجه تغییرات راندمان مصرف آب بین این دو سطح کودی معنی‌دار نبوده است. نتایج تجزیه رگرسیون نیز نشان داد که ۹۹ درصد تغییرات راندمان مصرف آب در پاسخ به میزان مصرف کود نیتروژن از یک روند درجه دوم پیروی می‌کرد (شکل۱، ج). افزایش راندمان مصرف آب آبیاری با مصرف مقدار مناسب کود نیتروژن در گیاهان مختلف به اثبات رسیده است (Jalilian *et al*., 2012; Amiri & Abdzad Gohari, 2015).

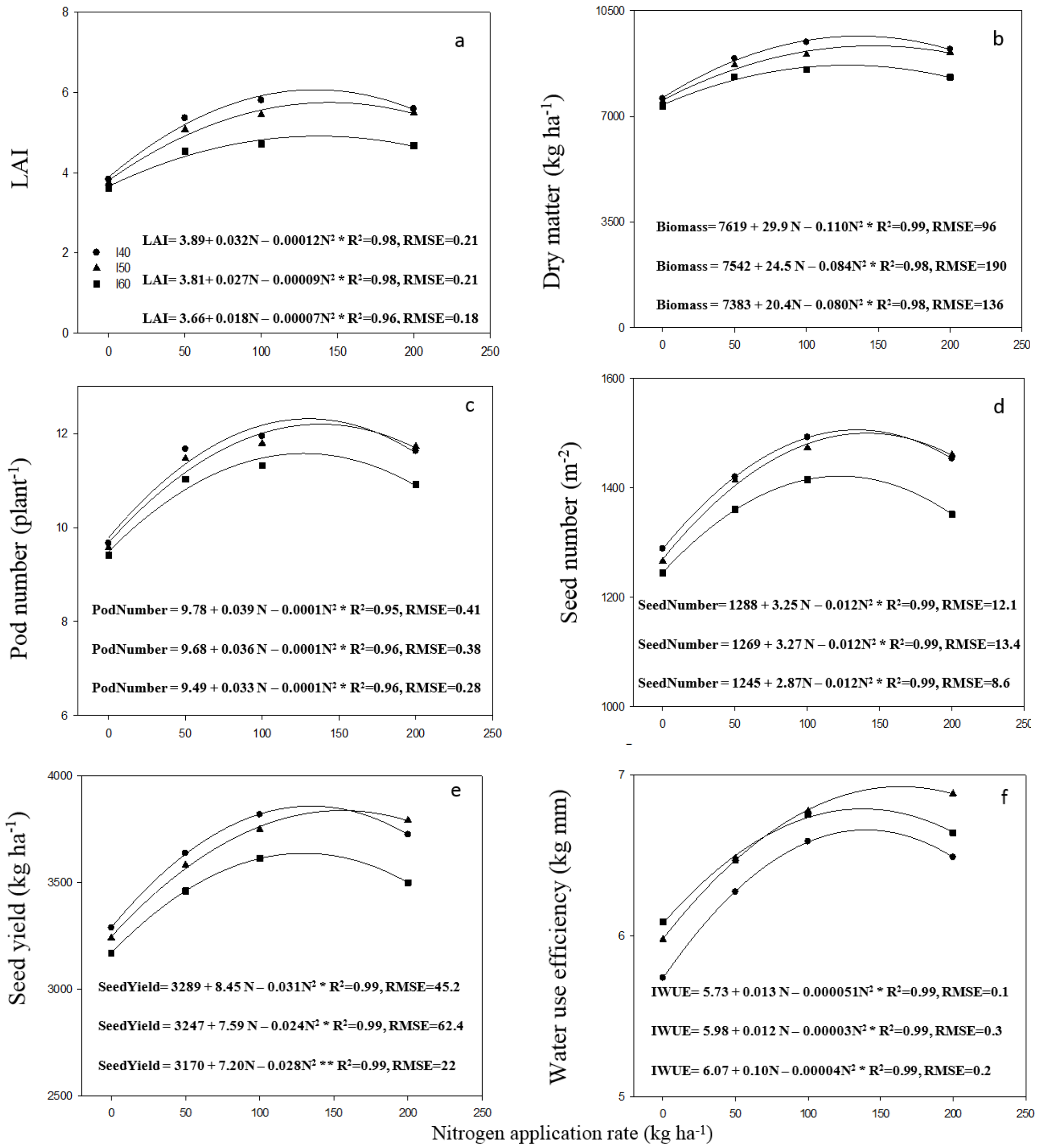
(Amiri & Abdzad Gohari 2015) گزارش کردند که در همه سطوح آبیاری مصرف کود نیتروژن مصرفی بیش از ۶۰کیلوگرم در هکتار تأثیری بر عملکرد یک رقم لوبیاقرمز محلی (ده سری) نداشت و حتی در شرایط تنش آبی شدید مصرف کود نیتروژنی بیشتر موجب کاهش راندمان مصرف آب گردید. به علت برهمکنش شدید بین سطح آب آبیاری و کود نیتروژن مصرفی، در هر گونه گیاهی یک سطح رطوبتی و کودی مشخص منجر به کسب بالاترین راندمان مصرف آب آن گونه خواهد شد (Megyes *et al*., 2004). در واقع به‌دلیل این‌که بهره‌برداری از آب رابطه نزدیکی با رشد و فعالیت ریشه در گیاهان دارد، تغذیه مناسب گیاه اثر مثبتی بر روی عملکرد و کارآیی مصرف آب خواهد داشت (Hopkins & Huner, 2004).

نهایتاً می‌توان بیان نمود که تحت شرایط کمبود آب در خاک که جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن کاهش می‌یابد (Hopkins & Huner,2004)، برقراری تناسب میان فراهمی رطوبت در خاک و سطح نیتروژن مصرفی ضروری به نظر می رسد.

نتیجه گیری

این پژوهش نشان داد که آبیاری لوبیاقرمز رقم گلی در سطح تخلیه رطوبتی ۵۰ درصد خاک نسبت به آبیاری در سطح ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی، بدون کاهش معنی‌دار عملکرد دانه می‌تواند موجب افزایش راندمان مصرف آب گردد. میزان آب صرفه‌جویی‌شده در طول دوره رشد، در تیمار ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک نسبت به تیمار ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک حدود ۲۷۰ متر مکعب در هر هکتار خواهد بود.

نتایج همچنین نشان داد مصرف ۵۰ درصدی از کل نیاز نیتروژنی گیاه لوبیاقرمز رقم گلی یعنی۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در همه سطوح رطوبتی می‌تواند موجب تولید حداکثری عملکرد دانه و راندمان مصرف آب گردد. پس مدیریت کودی و آبی مناسب برای هر رقم و در هر منطقه رشدی، می‌تواند علاوه بر کاهش مصرف نهاده‌ها و هزینه‌های تولید، گامی به سوی تولید پایدار و مدیریت بحران کم‌آبی در کشور باشد. در نهایت تلفیق روش‌های مدیریتی مختلف و اثرگذار در قالب یک برنامه مدیریتی کلان می‌تواند کاهش چشمگیر مصرف آب در بخش کشاورزی را فراهم آورد.



شکل ۱- پاسخ شاخص سطح برگ (a)، ماده خشک (b)، تعداد غلاف در بوته (c)، تعداد دانه در مترمربع (d)، عملکرد دانه (e) و راندمان مصرف آب آبیاری (f) در لوبیاقرمز در سطوح مختلف آبیاری به کود نیتروژن مصرفی

Fig. 1. The response of LAI (a), dry matter (b), pod number per plant (c), seed number per m^{-2} (d), seed yield (e) and irrigation water use efficiency (f) in dry bean plants at various irrigation level to nitrogen application rates

منابع

1. Agricultural Statistics. 2013. Crop Plants (First volume). Ministry of Jihad-e-Agriculture. pp.118. (In Persian).
2. Amiri, E., and Abdzad Gohari, A. 2015. Effect of irrigation management and nitrogen fertilizer on yield and water use efficiency and estimated yield function of common bean (Case Study: Astaneh Ashrafiyeh). Agricultural Water Managment 22: 1-10. (In Persian with English Summary).
3. Antolin, M.C., Yoller, J., and Sancchez-Diaz, M. 1995. Effects of temporay drought on nitratefed and nitrogen-fixing alfalfa plants. Plant Science 107(3): 156-165.
4. Bayat, A.A., Sepehri, A., Ahmadvand, G., and Dorri, H.R. 2010. Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Iranian Journal of Field Crop Science 12(1): 42-54. (In Persian with English Summary).
5. Bayati, Kh., Majnoun-Hosseini, N., Moghadam, H., and Basiri, R. 2017. Effects of drought stress and nitrogen on grain yield and some agronomic traits of red kidney bean cultivars. Iranian Journal of Field Crop Science 48(4): 1069-1081.
6. Bliss, F.A. 1993. Breeding common bean for improved biological nitrogen fixation. Plant Soil 152(1): 71-79.
7. Davis, J.G. 1994. Managing plant nutrients for optimum water use efficiency and water conservation. Advances in Agronomy 53(1): 85-120.
8. Emam, Y., Shekoofa, A.F., and Salehi & Jalali, A.H. 2010. Water stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science 9(5): 495-499.
9. De Costa, W.A.J., and Ariyawansha, B.D.S.K. 1996. Effect of water stress on water use efficiency of different variety of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka 24(4): 253-266.
10. Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Jones, V.A. 2011. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops (Third edition). CRC Press, Boca Raton, FL 33487-2742.
11. Finke, R.L., Harper, J.E., and Hageman, R.H. 1982. Efficiency of nitrogen assimilation by N2-fixing and nitrate grown soybean plants (*Glycine max*). Plant Physiology 70(5): 1178-1184.
12. Frahm, M.A., Rosas, J.C., Mayek-Perez, N., Lopez-Salinas, E., Acosta-Gallegos, J.A., and Kelly, J.D. 2004. Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. Euphytica 1362: 223-232.
13. Graham, P.H. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaselous vulgaris* L. Rev. Field Crops Research 4(1): 93-112.
14. Hopkins, W.G., and Hüner, N.P.A. 2004. Introduction to Plant Physiology. John Wiley and Sons, Inc. USA. pp. 539-540.
15. Hu, W.H., Yan, X.H., Xiao, Y.A., Zeng, J.J., Qi, H.J., and Ogweno, J.O. 2013. 24-Epibrossinosteriod alleviate drought-induced inhibition of photosynthesis in *Capsicum annum*. Scientia Horticulturae 1502: 232-237.
16. Jalilian, J., Modarres-Sanavya, S.A.M., Saberalia, S.F., and Sadat-Asilan, K. 2012. Effects of the combination of beneficial microbes and nitrogen on sunflower seed yields and seed quality traits under different irrigation regimes. Field Crops Research 127(1): 26-34.
17. Jones, H.G. 1980. Interaction and integration of adaptive responses to water stress: the implications of an unpredictable environment. In: N.C Turner and P.J. Kramer (Eds.). Adaptation on Plant to Water and High Temperutre Stress. p. 353-365, Wiley, New York.
18. Keshavarz M., Karami, E., and Vanclay, F. 2013. The social experience of drought in rural Iran. Land Use Policy 30(1): 120-129.
19. Lynch, J., and White, J.W. 1992. Shoot nitrogen dynamics in tropical common bean. Crop Science 322: 392-397.
20. Madani, K. 2014. Water management in Iran: what is causing the looming crisis? Journal of Environmental Studies and Sciences 4(4): 315-328.
21. Maia Souza, G., Aidar, S.T., Giaveno, C.D., and de Oliveira, R.F. 2003. Drought stability in different common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes. Crop Breeding and Applied Biotechnology 3(3): 203-208.
22. Majnoun-Hosseini, N. 2008. Grain Legume Production. Jihad-Daneshghahi Pub. University of Tehran. p. 283 (In Persian).
23. Makino, A., Sato, T., Nakano, H., and Mae, T. 1997. Leaf photosynthesis, plant growth and nitrogen allocation in rice under different irradiances. Planta 2032: 390-398.

24. Mansouri-Far, C., Modarres Sanavy, S.A.M., and Saberali, S.F. 2010. Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages andnitrogen rate under semi-arid climatic conditions. Agricultural Water Management 97(1): 12-22.
25. Megyes, A., Ratonyi, T., and Huzsvai, L. 2004. Irrigation of maize (*Zea mays* L.) in relation to fertilization in a long-term field experiment. Acta Agronomica Hungarica 53(1): 41-46.
26. Nleya, T., Walley, F., and Vandenberg, A. 2001. Response of four common bean cultivars to granular inoculant in a short-season dryland production system. Canadian Journal of Plant Science 81(3): 385-390.
27. Ramirez-Vallejo, P., and Kelly, J.D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica 99(1): 127-136.
28. Rosales-Serna, R., Kohashi-Shibata, J., Acosta-Gallegos, J.A., Trejo-López, C., Ortiz-Cereceres, J., and Kelly, J.D. 2004. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stressed common bean cultivars. Field Crops Research 852: 203-211.
29. Saberali, S.f., Modarres-Sanavya, S.A.M., Bannayanb, M., Baghestani, M.A., Rahimian-Mashhadid, H., and Hoogenboome, G. 2012. Dry bean competitiveness with redroot pigweed as affected by growth habit and nitrogen rate. Field Crops Research 135(1): 38-45.
30. Salvagiotti, F., Cassman, K., Specht, J., Walters, D., Weiss, A., and Dobermann, A. 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: a review. Field Crops Research 108(1): 1-13.
31. Santos, M.G., Ribeiro, R.V., Oliverira, R.F., Machado E.C., and Pimetel, C. 2006. The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit. Plant Science 170(3): 659-664.
32. Schubert, S. 1995. Nitrogen assimilation by legumesprocesses and ecological limitations. Fertilizer Research 42(1): 99-107.
33. Sinclair, T.R. 2004. Improved carbon and nitrogen assimilation for increased yield. In: H.R. Boerma and J.E. Specht (Eds.). Soybeans: Improvement, Production and Uses. American Society of Agronomy, Madison, WI.
34. Sinclair, T.R., and Horie H. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. Crop Science 29(1): 90-98.
35. Singh, Y., Rao, S.S., and Regar, P.L. 2010. Deficit irrigation and nitrogen effects on seed cotton yield, water productivity and yield response factor in shallow soils of semi-arid environment. Agricultural Water Management 97(6): 965-970.
36. Soltai, A. 2015. Application of SAS in Statistical Analysis. Jahad Daneshgahi Publishers (Ferdowsi University of Mashhad).
37. USDA-NRCS. 1997. National Engineering Handbook, Part 652: Irrigation Guide. Chapter 3, p. 7. Available at http://www.ks.nrcs.usda.gov/technical/ks_supplements/neh652.html
38. Webber, H.A., Madramootoo, C.A., Bourgault, M., Horst, M.G., Stulina, G., and Smith, D.L. 2006. Water use efficiency of common bean and green gram grown using alternate furrow and deficit irrigation. Agricultural Water Management 86(3): 259-268.
39. Westermann, D., Terán, H., Muñoz-Perea, C., and Singh, S. 2011. Plant and seed nutrient uptake in common bean in seven organic and conventional production systems. Canadian Journal of Plant Science 9(5): 1089-1099.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 11, No. 2, 2020, p. 137-149 (Research Article)

Effect of different level of irrigation regimes and nitrogen fertilizer on yield and water use efficiency in kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Saberali[1]*, S.F., Yosefi-Fard[2], M., and Sadat Asilan[3], K.

1. Assistant Professor, Department of Horticulture, High Educational Complex of Torbat e Jam, Khorasan Razavi, Iran
2. MSc. Student, Department of Agronomy, Payame Noor, Karaj, Iran; mrjusefifard@gmail.com
3. Associate Professor, Department of Agronomy, Payame Noor University, Tehran, Iran; kamal.asilan@gmail.com

Received: 16 February 2019
Accepted: 25 May 2019

DOI: 10.22067/ijpr.v11i2.79226

Introduction

Drought is the most important stress factor that affects agricultural production in the arid and semiarid areas and reduce crop production. Iran is a country with a warm and dry climate that more than 85% of it located in arid and semi-arid areas. Improving the water use efficiency through agronomic management is one of the most effective and low cost approches for water management in the agricultural fields. The main objective of this study was to investigate the growth and yield response of kidney bean to deficit irrigation with the aim of increasing water use efficiency. In addition, the other objective of this study was to determine the desired level of nitrogen fertilizer at each level of water stress that make improve water uses efficiency.

Materials and Methods

In order to study the effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield and water use efficiency of kidney bean, an experiment was conducted as a randomized complete block design with a split plot arrangement of tratment in 2016 in Saveh, Iran. The deficit irrigation treatments as a main plot were irrigation at 40% of soil moisture depletion (non-stress treatment), irrigation at 50% of soil moisture deplation and at 60% of soil moisture deplation. The irrgation at 40% soil moisture depletion was considered as an acceptable moisture discharge rate for achieving maximum yield and other irrigation treatments considered as deficit irrigation. Sub-plot was included nitrogen fertilizer application rate at 0 (control), 25, 50 and 100% of maximum nitrogen requirement of dry bean plant. The middle two rows of 60 cm length were harvested for seed yield and LAI determination. At harvest time, a sub-sample of 10 plants were sampled from each plot to determine the number of pods per plantand seeds per pod.Biomass was obtained by drying plants at 70◦C. After drying and threshing, grain yield was determined.

Results and Discussion

The results showed that drought stress under irrigation after 60% soil moisture depletion decreased leaf area index, dry matter, seed number per unit area and finally kidney bean seed yield. However, mild stress treatment (50% soil moisture deplation) had a significant decrease in seed number per unit area and seed yield compared to optimal irrigation treatment. Furthermore, water use efficiency in kidney bean was increased at both levels of deficit irrigation compared to the full irrigation treatment. The results also showed that growth and yield traits and water use efficiency of kidney bean improved with nitrogen fertilizer application compare to no nitrogen application. The results also showed that the response of seed yield to nitrogen fertilizer was dependent on the amount of applied irrigation water in different irrigation regimes. At irrigation regime by 40% soil moisture depletion, seed yield of kidney bean increased by 11, 16 and 13% with nitrogen application rates of 50, 100 and 200 kg ha^{-1}, respectively. While, seed yield was increased by 9, 14 and 10% with nitrogen application rates of 50, 100 and 200 kg ha^{-1}, respectively, when kidney bean plants irrigated at 60% soil moisture depletion. The water use efficiency of kidney bean had no significant differences between 100 and 200 kg N ha^{-1}. However, the N application rate less than 100 N ha^{-1} caused a

***Corresponding Author:** sf.saberali@yahoo.com

significant reduction in water use efficiency of kidney bean plant. The regression analysis also showed that the responses of seed yield and water use efficiency to nitrogen fertilizer application rate at all irrigation levels were quadratic, and this quadratic response explaind 99 % of varion in these traits.

Conclusion

The results showed that the irrigation of kidney bean at 50% soil moisture depletion compared to irrigation at 40% soil moisture depletion could increase water use efficiency without any significant reduction in seed yield. The irrigation at 50% soil moisture depletion saved irrigation water about 270 m^{-3} ha^{-1} compared to the irrigation at 40% soil moisture depletion. We also concluded that the application of 50 % of maximum nitrogen requirement for bean plant could produce maximum seed yield and water use efficiency in all irrigation regimes.

Keywords: Gholi cultivar, Irrigation deficit, Leaf area index, Nutrition